

方丹辉, 徐思敏, 米文忠. 基于情景推演的大型体育赛事疫情外溢风险研究[J]. 灾害学, 2022, 37(4): 85–91. [FANG Danhui, XU Simin, MI Wenzhong. Analysis of Covid-19 Spillover Risk of Major Sports Events Based on Scenario Deduction[J]. Journal of Catastrophology, 2022, 37(4): 85–91. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2022.04.015.]

# 基于情景推演的大型体育赛事疫情外溢风险研究<sup>\*</sup>

方丹辉<sup>1,2</sup>, 徐思敏<sup>1,2</sup>, 米文忠<sup>3</sup>

(1. 武汉理工大学 安全科学与应急管理学院, 湖北 武汉 430070; 2. 武汉理工大学 中国应急管理研究中心, 湖北 武汉 430070; 3. 清华大学 工程物理系 公共安全研究院, 北京 100084)

**摘要:** 针对大型体育赛事在新冠肺炎(COVID-19)疫情背景下面临政治、经济、社会等多方面外溢风险相互关联的复杂情景, 构建 CIA-ISM 情景推演模型全景式分析疫情对大型体育赛事的外溢风险。基于历史数据构建外溢风险事件集, 运用交叉影响分析法生成情景, 量化各个事件之间的相关性, 结合解释结构模型进行层级划分, 明确事件演化机理, 通过对赛前防疫政策制定与赛时应急决策实施中关键事件进行敏感性分析, 模拟情景发展轨迹。结果表明: 有限开放境内观众是统筹赛事效果和经济发展的最佳选择, 闭环管理是保障赛事安全进行的必要防疫政策, 在实施应急措施时需要兼顾社会和舆论层面的外溢风险。

**关键词:** 新冠肺炎; 大型体育赛事; 交叉影响分析; 解释结构模型; 情景推演

**中图分类号:** X43; X915.5; G80 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2022)04-0085-07

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2022.04.015

大型体育赛事的举办给城市发展建设带来了新的机遇和挑战。2020年, 新冠肺炎(Corona Virus Disease 2019, COVID-19)疫情(以下简称“疫情”)席卷全球, 阻碍了全球体育事业的发展。2022年2月, 我国成功举办冬奥会, 为全球抗疫和举办大型活动提供了有益经验。从目前全球大型体育事业发展形势来看, 一方面, 因人员聚集和流动的特殊性, 大型体育赛事的防疫政策并没有受到全球多个国家正在逐步放宽社会层面防疫政策的影响。另一方面, 全球体育事业仍笼罩在疫情带来的负面影响下, 大规模的人员流动会加速全球疫情蔓延; 各国政府颁布的各项防疫政策, 使得场馆建设、特殊设备出入境等赛事筹备工作受到影响。因此, 构建疫情影响下大型体育赛事情景推演模型用于规避各类风险造成的损失, 对于后疫情时代推动全球大型体育赛事发展具有重要意义。

大型体育赛事涉及到政治、社会和经济等诸多领域。国内外学者探讨了疫情对政治、社会和经济领域造成的影响, 包括社会方面的公众防控意识<sup>[1]</sup>、公众情绪<sup>[2]</sup>, 政治方面的国际关系<sup>[3]</sup>以及经济方面的企业运营<sup>[4]</sup>、商品价格波动<sup>[5]</sup>等。体育赛事管理的研究主要可以分为宏观和微观两个层面。其中, 宏观层面, 张春萍<sup>[6]</sup>等研究了疫情对体育赛事利益相关者的影响; 黄海燕<sup>[7]</sup>等分析了疫情对赛事经济、赛事筹备等各方面的危害; 王雅伦<sup>[8]</sup>等预测了疫情下体育产业的未来走向; 宋昱等<sup>[9]</sup>结合后疫情时代的特征探讨体育治理创新。微观层面, BRUNO<sup>[10]</sup>等通过历届足球比赛的

数据, 评估团体运动中的病毒传播风险, 探究体育运动中人际交往的可行性; DRURY<sup>[11]</sup>等根据2020年英国公众的行为数据, 研究重新开放大型体育和娱乐场所的风险。

目前, 对疫情影响下体育赛事风险管理的研究主要集中在体育赛事经济、体育产业未来走向以及从单一风险角度出发探究体育运动中病毒传播风险, 缺少了对赛前筹备和赛中管理的具体情景研究。因此, 本文将从政治、经济和社会等多角度出发, 通过历史案例确定外溢风险事件集, 运用交叉影响分析探究各个事件之间的相关性, 通过解释结构模型可视化各个事件之间的关系, 对关键事件进行敏感性分析, 为赛事前的筹备工作和赛时发生公共卫生事件时的决策工作提供理论参考。

## 1 CIA-ISM 情景推演模型介绍

为明确事件演化机理, 对关键因素开展演化推理, 提出一种结合交叉影响分析和解释结构模型的情景推演模型。

交叉影响分析法(Cross Impact Analysis, CIA)能对复杂情景内事件的发生概率进行预测, 但无法明确事件演化过程和层次结构<sup>[12-13]</sup>。对此, 结合解释结构模型法(Interpretive Structure Model, ISM)将事件之间的演化机理和逻辑关系可视化, 实现优势互补, 达到复杂情景下关键事件提取和预测事件发生

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2022-05-03 修回日期: 2022-09-19

基金项目: 国家重点研发计划“疫情影响北京冬奥会的风险研判及防控技术”(2021YFF0306000)

第一作者简介: 方丹辉(1976-), 女, 汉族, 湖北荆门人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事应急管理、情景推演、公共安全等方面的研究。E-mail: 2871926@qq.com

通信作者: 米文忠(1973-), 男, 汉族, 新疆乌鲁木齐人, 博士, 高级工程师, 主要从事灾害事故机理分析、调查技术, 消防安全(火灾事故调查)等研究。E-mail: mwzy@126.com

概率的目的,从而为大型体育赛事的疫情防控决策工作提供理论支撑<sup>[14-15]</sup>。具体步骤如下:

(1)构造外溢风险事件集。引入“外溢风险”的概念,结合案例分析,确定相关事件并按照初始事件、动态事件与结果事件进行分类。

(2)量化因果关系。采用德尔菲法对基本事件之间的相关性进行评分,明确各事件之间的正负关系和影响程度,得到评价矩阵 $A$ 。

(3)求取交叉影响矩阵 $C$ 。计算内部事件与外部事件的影响系数,评估事件集合理性。

(4)构造邻接矩阵 $A$ 。根据交叉影响矩阵中影响系数判断事件之间是否存在直接关系。

(5)计算可达矩阵 $R$ 。

(6)层级划分。根据可达矩阵对事件进行划分,形成多级递阶结构图。

(7)情景预测敏感性分析。调节情景事件的先验概率进行情景推演。

基于CIA-ISM的疫情影响下大型体育赛事风险分析流程如图1所示。

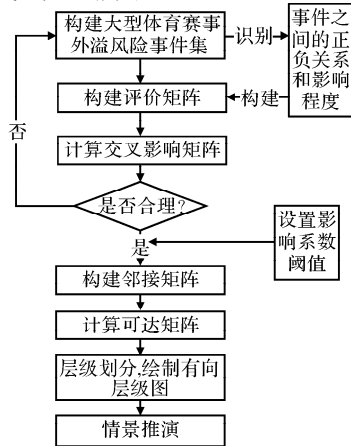


图1 大型体育赛事疫情外溢风险分析流程图

## 2 基于CIA-ISM的情景模型构建

### 2.1 外溢风险(Spillover Risk)的定义

“外溢”源自于经济学中“外溢效应”,指外商投资对东道国经济方面产生的间接作用,分为正面作用和负面作用<sup>[16-17]</sup>。本文的外溢风险在此基础上阐述为疫情对赛事东道国产生间接作用并造成损失的可能性。

疫情影响下大型体育赛事的外溢风险在政治方面,全球国际关系面临新的挑战,国际舆论环境不利于体育赛事的开展;经济方面,全球经济下滑,影响到个人收入,进而影响赛事宣传和经济效益;社会方面,主要分为赛前筹备工作中的防疫政策制定和完善应急协调机制以及赛时管理中的应急决策调度和社会秩序维稳。

### 2.2 外溢风险事件集

根据事件的性质或发展顺序进行分类,大型体育赛事的外溢风险事件集具体可以分为初始事件、动态事件和结果事件。纵观传染病背景下大型体育赛事的风险管理策略可以为疫情背景下大型体育赛事的防疫政策、应急活动等提供参考,因此,通过整理的26场传染病背景下大型体育赛事的防疫政策和举办效果,包括H1N1流感下的温哥华冬奥会,受寨卡病毒影响的里约奥运会以及疫情期间北京冬奥会、东京奥运会、欧洲杯等。在询问专家意见的基础上选取了31个相关事件,大型体育赛事外溢风险事件集如表1所示。

表1 大型体育赛事外溢风险事件集

事件类型	事件编号	具体内容	事件类型	事件编号	具体内容
初始事件	IE1	举办地应急物资充足	动态事件	DE1	举办地划分为中高风险地区
	IE2	政府相关部门协调配合机制完善		DE2	赞助商宣传效益远低于预期
	IE3	具备完善的舆情监测机制		DE3	快速追踪密切接触者人群并进行隔离
	IE4	参赛人员疫苗接种率高		DE4	爆发国际舆论,抵制举办赛事呼声高涨
	IE5	密切接触人群追踪技术成熟		DE5	国外政客“借题发挥”,引发国际矛盾
	IE6	比赛采用闭环管理		DE6	谣言泛滥,危害社会公共秩序
	IE7	防疫建设支出造成巨大财政压力		DE7	政府调度其他地方医疗人员与设备参与防疫工作
	IE8	运动员存在违规现象		DE8	人员流动扩大疫情传播范围
	IE9	部分市民聚集观看比赛		DE9	医疗压力骤增,影响居民正常医疗需求
	IE10	市民防疫配合度高		DE10	赛事经济效益受损,造成巨额亏损
	IE11	同一国家运动员发生聚集性疫情	结果事件	OE1	赛程中断或延期
	IE12	不同国家运动员发生交叉感染		OE2	赛事防疫与应急工作引起社会不满,造成社会恐慌
	IE13	观众发生聚集性疫情		OE3	举办地经济发展受到冲击
	IE14	国外人员入境携带变异新冠病毒		OE4	国家形象受损
	IE15	开放国内外观众			
	IE16	有限开放境内观众			
	IE17	不开放现场观众			

初始事件(IE)是可能对后续事件产生重大影响的事件,其用来反映防疫政策的程度与应急管理的状况。初始事件发生与否是相同的概率,故其发生概率为0.5。

动态事件(DE)是指在筹备或举办大型体育赛事时发生疫情后的相关事件。通常是用来反映初始事件衍生的各类外溢风险事件,包括但不限于政府采取的紧急应急措施以及国际上的舆论风险。与初始事件一样,所有动态事件初始概率为0.5。

结果事件(OE)是指疫情发生后造成赛事、社会、经济、政治层面损失的事件。

### 2.3 因果关系

为量化事件集中每两个事件之间的因果关系(图2),该事件集需要估计368个因果关系,其打分规则如表2所示。

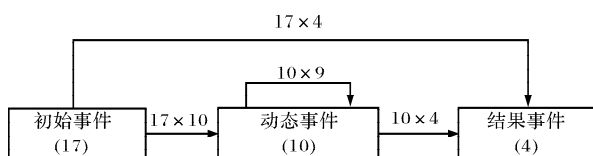


图2 因果关系估计

表2 打分依据表

分值	分值说明
0.99	巨大的正影响
0.90	显著的正影响
0.80	较大的正影响
0.70	一定的正影响
0.60	轻微的正影响
0.50	没有影响
0.40	轻微的负影响
0.30	一定的负影响
0.20	较大的负影响
0.10	显著的负影响
0.01	巨大的负影响

为确定两个事件之间的因果关系,分别邀请了应急、疾控和舆情领域的10位专家。询问专家们对于事件集中初始事件、动态事件以及结果事件的设定合理性,采用问卷的形式邀请专家对基本事件之间的相关性进行评分。运用德尔菲法,对于专家意见进行反复修正和统一,专家评分方向一致的基础上,评分差距不超过0.3被认为是可行的,选取算术平均值为最终分值,最终形成评价矩阵 $R$ 。

### 2.4 交叉影响分析

在评价矩阵的基础上,通过式(1)得到交叉影响矩阵 $C$ , $C_{ij}$ 为正值表示事件 $E_j$ 对事件 $E_i$ 的发生有促进作用, $C_{ij}$ 为负值表示事件 $E_j$ 对事件 $E_i$ 的发生有阻碍作用<sup>[18]</sup>。

$$C_{ij} = \frac{1}{1-P_j} \left[ \left( \ln - \frac{R_{ij}}{1-R_{ij}} \right) - \left( \ln \frac{P_i}{1-P_i} \right) \right] \quad (1)$$

式中: $C_{ij}$ 为事件 $E_j$ 对事件 $E_i$ 的影响系数, $P_i$ 和 $P_j$ 分别为 $E_i$ 和 $E_j$ 的先验概率, $R_{ij}$ 为事件 $E_j$ 的发生对 $E_i$ 的影响。

$$G_i = \ln \frac{P_i}{1-P_i} - \sum_{k \neq i}^n C_{ik} P_k \quad (2)$$

式中: $G_i$ 为外部事件对事件 $E_i$ 的影响, $P_i$ 和 $P_k$ 为事件 $E_i$ 和 $E_k$ 的先验概率。

根据式(1)和式(2),计算内部事件的影响系数和外部事件的影响系数,用于评估事件集的合理性。

$$|\text{内部事件影响}| = \sum |C_{ij}| = 660.83; \quad (3)$$

$$|\text{外部事件影响}| = \sum |G_{ij}| = 103.77; \quad (4)$$

$$|\text{总事件影响}| = \sum |C_{ij}| + \sum |G_{ij}| = 764.6; \quad (5)$$

$$\frac{\text{内部事件影响}}{\text{总事件影响}} = 86.43\%; \quad (6)$$

$$\frac{\text{外部事件影响}}{\text{总事件影响}} = 13.57\% \quad (7)$$

内部事件影响占比达到86.43%,外部事件影响占比只达到了13.57%,由此可见,总影响事件可以由模型内86.43%的事件解释,说明事件集涵盖了绝大多数的影响事件,模型理论上是可行的。选取一定比例的事件作为解释结构模型的输入,用于观察事件演化的经过。

### 2.5 解释结构模型

应用Matlab进行矩阵迭代计算和层级划分,简化矩阵计算的难度。解释结构模型的过程如下<sup>[19]</sup>:

步骤1:构造邻接矩阵 $A$ 。本文在构造邻接矩阵时参考了交叉影响矩阵的结果,根据交叉影响矩阵判断事件之间是否存在直接关系。

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{事件 } S_i \text{ 对事件 } S_j \text{ 有直接影响;} \\ 0, & \text{事件 } S_i \text{ 对事件 } S_j \text{ 无直接影响。} \end{cases} \quad (8)$$

步骤2:构造可达矩阵 $R$ 。如式(9)所示,根据矩阵中的值判断两个事件之间的关系。

$$R = (A + E)^{n+1} = (A + E)^n \neq (A + E)^{n-1} \neq \dots \neq A + E \quad (9)$$

$E$ 表示单位矩阵。

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{事件 } S_i \text{ 可以达到事件 } S_j; \\ 0, & \text{事件 } S_i \text{ 不可以达到事件 } S_j. \end{cases} \quad (10)$$

步骤3:层级划分。通过可达矩阵,得到各个事件的可达集 $R(S_i)$ 和前因集 $N(S_i)$ 。若可达集和前因集的交集满足式(11),则将 $R(S_i)$ 的集合中的所有事件确定为第一层级的事件,将这些事件去除后,重复以上步骤,形成一个有向层级图。

$$R(S_i) \cap N(S_i) = R(S_i) \quad (11)$$

图3为选取了前30%影响系数( $|C_{ij}| \geq 2.55$ )的多级递阶结构图,如图所示,DE2和DE10属于经济方面的外溢风险事件集合。疫情打破了大型体育赛事和赞助商之间的利益关系,一再延期的赛事致使赞助商生产和赛事相关的商品滞留,赞助商的经济受损,撤销赛事宣传,关注度随之下降,造成赛事经济效益下降和赞助盈利受损的恶

性循环。DE1、DE7、DE8、DE9 形成了一个集合体，集合内的元素相互影响，该集合体是在举办大型体育赛事期间，发生疫情并蔓延至社会层面的基本事件，包括了应急活动和公共卫生事件两个方面，属于扩大疫情影响的关键事件集合。触发该集合体的条件事件包含了初始事件的全部事件，难以区别事件之间的正负影响关系，因此需要进一步进行划分。

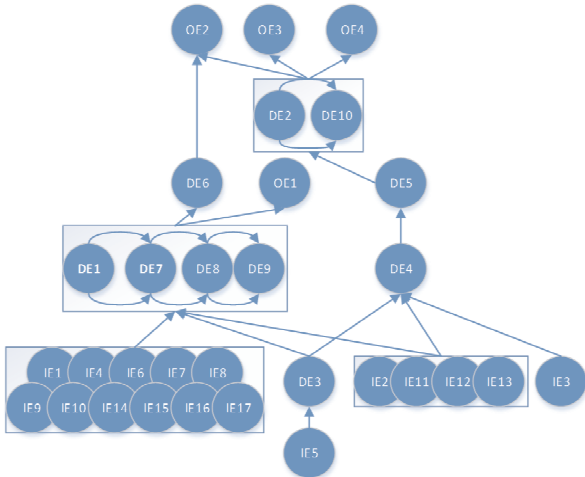


图3 前30%影响系数的多级递阶结构图

图4为选取了前10%影响系数( $|C_{ij}| \geq 4.1$ )的多级递阶结构图，该图清晰的展现出各个元素之间的层级关系，两个元素的颜色相同表示为促进作用，颜色不同表示为阻碍作用。IE15和IE17作为对立的基本事件反应了开放现场观众的利弊关系。开放国内外观众(IE15)会加速人员流动，扩大疫情传播范围(DE8)。但从经济角度出发，国内外人口的流动会促进当地旅游业、交通业等领域的发展。不开放观众(IE17)从源头上控制了社会层面的人员流动，赛事的国际关注度却会下降，赛事的经济效益将随之受到影响(DE10)。如何权衡赛事经济和疫情防控成为赛事东道国研究的重要课题。IE4和IE6是赛事疫情防控工作的重要保障，大型体育赛事活动最主要的特征是全球各国人口的流动，面对国外人口大面积入境，疫苗接种率高(IE4)保障了赛事层面的人员安全，闭环管理(IE6)将赛事层面和社会层面相隔离，保护了社会层面的人员安全。

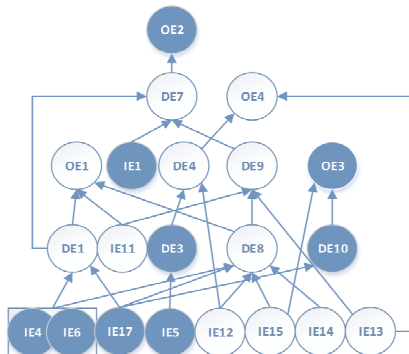


图4 前10%影响系数的多级递阶结构图

综上所述，以交叉影响分析的结果作为解释结构模型的输入，通过多级递阶结构图可以明确事件之间因果关系并直观呈现事件间层级结构及演化路径。由图3和图4可知：赛前防疫政策中开放观众的形式关联的事件较为复杂；其次，病毒的输入难以准确监测，为有效缩小疫情传播范围，赛时的应急活动显得尤为重要。

### 3 基于CIA-ISM的情景推演

基于CIA-ISM建立全景式情景推演模型。为进一步把握赛前防疫政策制定和赛时应急活动中的关键因素。对初始事件和动态事件中的防疫政策或应急活动开展敏感性分析，调节事件的先验概率，情景事件发生概率为<sup>[12]</sup>：

$$P_i = \frac{1}{1 + \exp(-G_i - \sum_{k \neq i}^n C_{ik} P_k)} \quad (12)$$

式中： $P_i$ 为事件 $E_i$ 的预测概率， $G_i$ 为外部事件对事件 $E_i$ 的影响， $C_{ik}$ 为事件 $E_k$ 对事件 $E_i$ 的影响系数， $P_k$ 为事件 $E_k$ 的先验概率。

#### 3.1 初始事件分析

(1)开放观众的形式。在17个初始条件中，IE15，IE16，IE17是开放观众的不同形式。将IE15，IE16，IE17的概率分别设定为1，其余两者概率则为0，其他初始事件的概率均设为0.5，进行敏感性分析，具体概率变化见表3。根据表3，开放国外观众，外来人员的大面积入境促进了当地经济发展的同时提高了赛事中断、社会恐慌等风险事件发生的概率。不开放国外观众对赛事和社会层面带来的疫情风险影响最小，但同时体育赛事关注度下降，赛事及其衍生经济收益下降，举办地的经济发展受限。如图5所示，有限开放境内观众相对于不开放观众，举办地经济发展受限(OE3)的概率下降，相对于开放国内外观众，赛程中断(OE1)、社会恐慌(OE2)以及国家形象受损(OE4)的发生概率也明显下降了，有限开放境内观众是在疫情防控基础上综合考量经济发展和赛事关注度等多方因素的最佳选择。例如，在北京冬奥会期间，现场观众主要以当地居民、冰雪运动爱好者以及学生为主，在保障赛事防疫安全的基础上最大程度推动经济发展以及扩大赛事关注度。

表3 开放不同观众形式时结果事件的预测概率

	S0	S1	S2
IE15	1	0	0
IE16	0	1	0
IE17	0	0	1
OE1	0.907 4	0.296 1	0.092 6
OE2	0.917 1	0.193 9	0.076 1
OE3	0.251 0	0.749 0	0.969 3
OE4	0.930 1	0.403 3	0.205 7

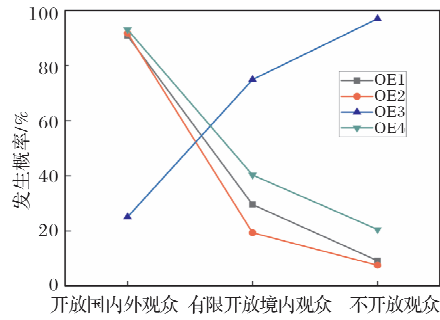


图5 开放不同观众形式作用图

(2) 应急活动与防疫政策。IE1, IE2, IE3, IE4, IE6 是为保障赛事顺利进行而采取的赛事防疫政策与应急活动, 为选择出最为关键的应急活动或防疫政策, 选取社会层面的外溢风险事件作为结果事件(OE2), 对5个初始事件进行敏感性分析。

根据表4, 随着应急活动和防疫政策的发生概率逐渐增大, 结果事件(OE2)的发生概率逐渐减小。如图6所示, 对结果事件(OE2)的影响程度, 初始事件  $IE6 > IE4 > IE3 > IE1 > IE2$ , 由此可见, 闭环管理(IE6)是赛事顺利开展的必要条件, 在缩小疫情传播范围的同时给社会层面, 特别是举办地居民提供了安全保障, 从而高效进行疫情防控工作 and 推进赛事开展。如图7所示, 当5个初始事件同时作用时, 发生概率越高, 结果事件(OE2)的发生概率就越低, 疫情防控的效果就越好, 与图7相比较, 5个初始事件同时发生相对于单一的应急活动或防疫政策, 其防疫效果会更加明显。

表4 OE2 结果事件预测概率

	IE1	IE2	IE3	IE4	IE6	OE2
S1	0	0	0	0	0	0.999 9
S2	0.25	0	0	0	0	0.999 8
S3	0.5	0	0	0	0	0.999 5
S4	0.75	0	0	0	0	0.999 0
S5	1	0	0	0	0	0.997 7
S6	0	0.25	0	0	0	0.999 8
S7	0	0.5	0	0	0	0.999 6
S8	0	0.75	0	0	0	0.999 2
S9	0	1	0	0	0	0.998 3
S10	0	0	0.25	0	0	0.999 8
S11	0	0	0.5	0	0	0.999 6
S12	0	0	0.75	0	0	0.999 1
S13	0	0	1	0	0	0.998 0
S14	0	0	0	0.25	0	0.999 8
S15	0	0	0	0.5	0	0.999 4
S16	0	0	0	0.75	0	0.998 5
S17	0	0	0	1	0	0.996 3
S18	0	0	0	0	0.25	0.999 6
S19	0	0	0	0	0.5	0.998 5
S20	0	0	0	0	0.75	0.993 9
S21	0	0	0	0	1	0.975 5
S22	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.990 6
S23	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.500 0
S24	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.009 4
S25	1	1	1	1	1	0.000 1

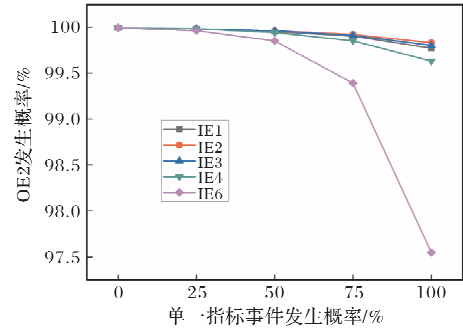


图6 单一指标事件作用图

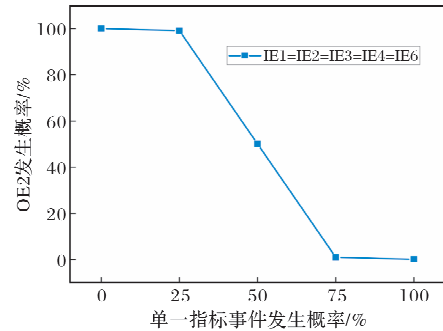


图7 综合指标事件作用图

### 3.2 动态事件分析

将初始事件概率均设为0.5, DE1, DE3 和 DE7 为疫情发生后的应急措施, 对这三个动态事件进行敏感性分析, 通过改变不同应急活动的发生概率, 观察对其他动态事件和结果事件的影响。

对比表5的S7和S8, 举办地划分为中高风险地区(DE1), 赛事中断、国家形象受损的发生概率反而明显上升。DE1 虽然能减小人员流动从而控制住疫情, 但却不利于赛事进程的推进。首先, 国际舆论方面(DE4)会施加压力, 其次, 周边的经济活动也将受到影响, 当地的医疗资源压力(DE9)骤增, 影响了居民的正常医疗要求, 成为社会安全事件的导火索。因此, 考虑到国际热点与社会安全, 在赛事期间应该做好闭环管理的工作, 严格防守疫情外溢现象, 从根源上解决举办地疫情风险问题。对比表5的S1, S3, S4和S7, 发现快速锁定密切接触人群(DE3)以及调度其他地方医疗人员和资源(DE7)是积极的应急活动, 若出现疫情, DE3 和 DE7 可以降低疫情外溢的负面影响。

## 4 结论

本文基于CIA-ISM情景推演模型对大型体育赛事外溢风险进行分析, 既能以多级递阶结构图直观展现演化路径, 又能研究不同应急措施和防疫政策对赛事效果和防疫安全的有效性并以此确定后续赛事风险管理工作的重点和方向。得出以下结论:

(1) 在赛前防疫政策制定中, 有限开放境内观众(IE16)综合考量了赛事及其衍生经济效益、举办地经济发展以及赛事关注度等多方因素, 保障赛事效果的同时提升经济效益; 闭环管理(IE6)对结果事件的影响程度最深, 是赛事顺利开展的必要条件。



表 5 动态事件和结果事件的预测概率

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
DE1	0	1	0	0	1	1	0	1
DE2	0.360 0	0.640 0	0.360 0	0.360 0	0.640 0	0.640 0	0.360 0	0.640 0
DE3	0	0	1	0	1	0	1	1
DE4	0.880 4	0.987 0	0.092 0	0.489 1	0.510 9	0.908 0	0.013 0	0.119 6
DE5	0.768 2	0.961 9	0.171 6	0.387 8	0.612 2	0.828 4	0.038 1	0.231 8
DE6	0.845 9	0.982 6	0.146 0	0.362 0	0.638 0	0.854 0	0.017 4	0.154 1
DE7	0	0	0	1	0	1	1	1
DE8	0.049 5	0.004 5	0.000 9	0.002 0	0.000 1	0.000 2	0.000 0	0.000 0
DE9	0.036 3	0.675 1	0.036 3	0.324 9	0.675 1	0.963 7	0.324 9	0.963 7
DE10	0.500 0	0.500 0	0.500 0	0.500 0	0.500 0	0.500 0	0.500 0	0.500 0
OE1	0.118 2	0.974 2	0.025 8	0.118 2	0.881 8	0.974 2	0.025 8	0.881 8
OE2	0.846 5	0.997 7	0.202 5	0.048 2	0.951 8	0.797 5	0.002 3	0.153 5
OE3	0.194 8	0.845 5	0.194 8	0.154 5	0.845 5	0.805 2	0.154 5	0.805 2
OE4	0.336 6	0.915 9	0.110 3	0.273 1	0.726 9	0.889 7	0.084 1	0.663 4

(2) 赛时实施应急措施需要兼顾社会和舆论层面的外溢风险。将举办地划分为中高风险地区(DE1), 引发国际舆论(DE4)、赛事中断(OE1)等事件的发生概率上升时, 反而不利于大型体育赛事的顺利开展。

(3) 限于篇幅, 本文在构建外溢风险事件集时, 仅选取部分外溢风险事件加以研究。同时, 德尔菲法仍受到主观因素影响。未来的研究将进一步考虑文化差异、社会层面的公众心理等因素, 丰富理论模型降低主观性对研究结果的影响。

## 参考文献:

- [1] 朱宏森, 齐佳音, 靳祯, 等. 重大公共卫生事件中公众防控意识传播模型研究[J]. 系统工程理论与实践, 2021, 41(11): 2865-2875.
- [2] 罗福周, 巨绍伟, 王腊银. 重大疫情衍生社会恐慌链式灾害应急策略研究: 基于 COVID-19 疫情的 SD 分析[J]. 灾害学, 2021, 36(1): 183-191.
- [3] 李双双. 国际合作应对新冠肺炎疫情的困境及其经济政治逻辑[J]. 北方论丛, 2021, (6): 63-71.
- [4] SUN L, WANG Y. Global economic performance and natural resources commodity prices volatility: evidence from pre and post COVID-19 era[J]. Resources Policy, 2021, 74(1): 102393.
- [5] 郑莉, 王卷乐. 一带一路沿线企业受新冠疫情影响状况调查与对策建议[J]. 灾害学, 2021, 36(4): 200-206, 233.
- [6] 张春萍, 杨婧怡, 向佳兴, 等. 新冠肺炎疫情对我国体育赛事利益相关者的影响及应对策略[J]. 北京体育大学学报, 2020, 43(11): 34-41.
- [7] 黄海燕, 刘蔚宇. 新型冠状病毒肺炎疫情对体育赛事发展的影响研究[J]. 体育学研究, 2020, 34(2): 51-58.

- [8] 王雅伦, 刘洋, 吴珏. 新型冠状病毒肺炎疫情对体育产业影响的预测研究[J]. 成都体育学院学报, 2020, 46(2): 62-69.
- [9] 宋昱. 疫情防控常态化背景下的体育治理创新[J]. 哈尔滨体育学院学报, 2021, 39(5): 1-7.
- [10] GONCALVES B, MENDES R, FOLGADO H, et al. Can tracking data help in assessing interpersonal contact exposure in team sports during the COVID-19 pandemic[J]. Sensors, 2020, 20(21): 61-63.
- [11] DRURY J, ROGERS M B, MARTEAU T, et al. Re-opening live events and large venues after Covid-19 'lockdown': Behavioural risks and their mitigations[J]. Safety Science, 2021, 139(25): 105243.
- [12] VICTOR A B, MURRAY T. Scenario construction via Delphi and cross - impact analysis[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2011, 78(9): 1579-1602.
- [13] 姜伟. 情景分析理论与方法[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2012: 161-170.
- [14] 刘莉, 刘文云. 基于解释结构模型的科研数据共享影响因素分析[J]. 情报科学, 2020, 38(5): 27-33.
- [15] HUERGA M, SILVERA V, TUROFF M. A CIA-ISM scenario approach for analyzing complex cascading effects in operational risk management[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2015, 46: 289-302.
- [16] 潘文卿. 外商投资对中国工业部门的外溢效应: 基于面板数据的分析[J]. 世界经济, 2003, 26(6): 3-7, 80.
- [17] 何洁. 外国直接投资对中国工业部门外溢效应的进一步精确量化[J]. 世界经济, 2000, 23(12): 29-36.
- [18] ZHANG Y, WENG W G, Huang Z L. A scenario-based model for earthquake emergency management effectiveness evaluation[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2018, 128(3): 197-207.
- [19] 陈为公, 张娜, 张友森, 等. 基于 DEMATEL-ISM 的城市灾害韧性影响因素研究[J]. 灾害学, 2021, 36(1): 1-6, 17.

## Analysis of Covid-19 Spillover Risk of Major Sports Events Based on Scenario Deduction

FANG Danhui<sup>1,2</sup>, XU Simin<sup>1,2</sup>, MI Wenzhong<sup>3</sup>

(1. School of Safety Science and Emergency Management, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

2. China Research Center for Emergency Management, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

3. Institute of Public Safety Research, Department of Engineering Physics, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** In view of the complex situation in which large-scale sports events are faced with political, economic, social and other spillover risks under the background of the COVID-19, a CIA-ISM scenario deduction

model is constructed to analyze the spillover risk of the epidemic situation on large – scale sports events in a panoramic way. Based on historical data, a set of spillover risk events is constructed. The cross impact analysis method is used to generate scenarios, quantify the correlation between various events, combine the interpretation structure model to divide the levels, clarify the event evolution mechanism, and simulate the scenario development trajectory through sensitivity analysis of key events in the formulation of pregame epidemic prevention policies and the implementation of emergency decision – making during the Games. The results show that the limited opening of domestic audiences is the best choice for coordinating the effects of the event and economic development, and closed – loop management is a necessary epidemic prevention policy to ensure the safety of the event. When implementing emergency measures, it is necessary to take into account the spillover risks from the social and public opinion levels.

**Keywords:** Corona Virus Disease 2019( COVID – 19 ); major sports events; cross – impact analysis; interpretation structure model; scenario deduction

(上接第 74 页)

## A Review of Typical Foreign Agricultural Insurance Systems and Products

WANG Yaxu<sup>1,2</sup>, LYU Juan<sup>2</sup>, ZUO Huiqiang<sup>3</sup>, YIN Jianming<sup>3</sup>, ZHAI Liangliang<sup>3</sup>

(1. *Postdoctoral Workstation of China Reinsurance( Group ) Corporation, Beijing 100033, China;*

2. *China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China;*

3. *China RE Catastrophe Risk Management Company Ltd. , Beijing 100052, China)*

**Abstract:** The growth and yield formation of crops are affected by a variety of natural disasters, and farmers suffer a huge yield loss. As an effective agricultural risk management tool, agricultural insurance can disperse and transfer natural disaster risks, reduce farmers' losses due to disasters, and stabilize farmers' income. At present, agricultural insurance risk dispersion systems have been gradually established in various countries to deal with natural disaster risks. However, the differences in the history of agricultural insurance development, agricultural production methods, agricultural insurance systems, etc. have led to the unique characteristics of agricultural insurance business methods, products, and types adopted by various countries. we summarize the current typical foreign agricultural insurance systems and insurance products. And we analyze the relevant policies of China's agricultural insurance, the development of agricultural insurance and related explorations in the field of agricultural catastrophe insurance. The current problems of China's agricultural insurance are summarized. At present, agricultural insurance products mainly include weather index insurance, price insurance, output insurance and income insurance products. The main problems in China's agricultural insurance include: 1) Insufficient agricultural insurance legislation and imperfect systems have led to non – standard agricultural insurance management and operation; 2) Agricultural insurance products are simplex and cover a few varieties; 3) Farmers have little awareness of agricultural insurance, so their willingness to purchase it are not strong; 4) Agricultural insurance coverage is small and the degree of protection is insufficient; 5) Problems such as the agricultural catastrophe risk dispersion system have not been established. In view of the current problems in China's agricultural insurance, combined with foreign agricultural insurance experience, some targeted suggestions are put forward.

**Keywords:** agricultural insurance; weather index insurance; income insurance; insurance system; catastrophe insurance